


## Device for bonding two parts of different expansion behaviour which can be joined to each other

Patent Number: DE3907528  
Publication date: 1990-09-20  
Inventor(s): SCHNAPPER CHRISTOPH DR (DE)  
Applicant(s):: SIEMENS AG (DE)  
Requested Patent: ☐ DE3907528  
Application Number: DE19893907528 19890308  
Priority Number(s): DE19893907528 19890308  
IPC Classification: F16B4/00  
EC Classification: B23P11/02B, F25D19/00C  
Equivalents:

### Abstract

With the device (2), two parts (5 and 8, 10) of different expansion behaviour which can be joined to each other are to be bonded. For releasing this bond, in particular a heating apparatus (12) is provided. At an assembly temperature ( $T_m$ ), above an operating temperature ( $T_b$ ), a small assembly gap (19) is formed between the parts to be bonded. According to the invention, an insert (8) is to be introduced in a recess (7) of an outer bonding part (5) of relatively great coefficient of expansion ( $\alpha_1$ ). This insert can be cooled to the operating temperature ( $T_b$ ) and contains an inner part (10) of a material of a comparatively much lower coefficient of expansion ( $\alpha_2$ ) and also an intermediate element (9) of good thermal conductivity, bounding the assembly on one side. This intermediate element is deformed during the cooling phase from the assembly temperature ( $T_m$ ) to the operating temperature ( $T_b$ ) and thus forms a thermal contact with respect to the outer bonding part (5). This bonding part is provided with the heating apparatus (12). 

Data supplied from the esp@cenet database - I2



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑳ Aktenzeichen: P 39 07 528.1  
㉑ Anmeldetag: 8. 3. 89  
㉒ Offenlegungstag: 20. 9. 90

DE 3907528 A1

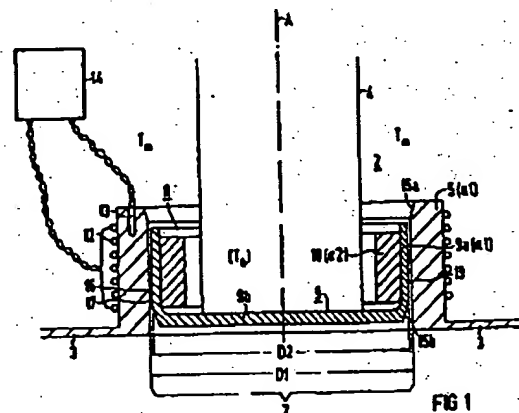
㉑ Anmelder:  
Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München, DE

㉒ Erfinder:  
Schnapper, Christoph, Dr., 8520 Erlangen, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Einrichtung zur Verbindung zweier aneinanderfügbare Teile mit unterschiedlichem Dehnungsverhalten

Mit der Einrichtung (2) sind zwei aneinanderfügbare Teile (5 und 8, 10) mit unterschiedlichem Dehnungsverhalten zu verbinden. Zur Lösung dieser Verbindung ist insbesondere eine Heizvorrichtung (12) vorgesehen. Bei einer Montage-temperatur ( $T_m$ ) oberhalb einer Betriebstemperatur ( $T_b$ ) ist ein geringer Montagespalt (19) zwischen den zu verbindenden Teilen ausgebildet. Erfindungsgemäß soll in einer Ausnehmung (7) eines äußeren Verbindungsteiles (5) mit verhältnismäßig großem Dehnungskoeffizienten ( $\alpha_1$ ) ein Einsatz (8) einzubringen sein. Dieser Einsatz ist auf die Betriebstemperatur ( $T_b$ ) abkühlbar und enthält einen Innenteil (10) aus einem Material mit einem vergleichsweise wesentlich geringeren Dehnungskoeffizienten ( $\alpha_2$ ) sowie ein den Montagespalt auf einer Seite begrenzendes, thermisch gut leitendes Zwischenelement (9). Dieses Zwischenelement verformt sich während der Abkühlphase von der Montage-temperatur ( $T_m$ ) auf die Betriebstemperatur ( $T_b$ ) und bildet so einen thermischen Kontakt zu dem äußeren Verbindungsteil (5) aus. Dieses Verbindungsteil ist mit der Heizvorrichtung (12) versehen.



DE 3907528 A1

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Einrichtung zur thermisch lösbaren Verbindung zweier aneinanderfügbaren Teile mit unterschiedlichem Dehnungsverhalten, wobei zur Lösung der Verbindung insbesondere eine Heizvorrichtung vorgesehen ist und bei einer Montagetemperatur oberhalb einer Betriebstemperatur ein geringer Montagespalt zwischen den zu verbindenden Teilen ausgebildet ist. Eine derartige Einrichtung ist z. B. der DE-B-26 53 544 zu entnehmen.

Für supraleitende Magnete werden im allgemeinen Wärmestrahlungsschilde vorgesehen. Diese Schilde sollen vielfach mit einem Refrigerator zu kühlen sein. Hierbei besteht der Wunsch, im Falle eines Defektes des Refrigerators diesen austauschen zu können, ohne daß dabei der gesamte supraleitende Magnet aufgewärmt werden muß. Zu diesem Zweck benötigt man einen Wärmekontakt, der einerseits bei der tiefen Betriebstemperatur des Magneten einen möglichst geringen Wärmewiderstand verursacht und dennoch auch bei dieser tiefen Temperatur lösbar ist.

Bei Refrigeratoren sind lösbare thermische Kontakte über konische Passungen z. B. aus der Veröffentlichung "Adv. Cryog. Engng.", Vol. 31, 1984 Seiten 517 bis 524 bekannt. Auch der Veröffentlichung "Cryogenics", April 1984, Seiten 175 bis 178 ist ein Refrigerator zu entnehmen, bei dem eine thermische Ankopplung über Kontakthänder, konvektive thermische Kupplungen, ein Kühlmitteltransfer sowie eine Kaltgaszirkulation verwirklicht sind. Ferner geht aus der US-A-45 62 703 ein Kryostat für einen NMR-Magneten hervor, für den eine Montage erleichternde Wärmekontaktfedern vorgesehen sind.

Darüber hinaus lassen sich gemäß dem weit verbreiteten Prinzip des sogenannten Schrumpfsitzes zwei aneinanderzufügende Teile dadurch kraftschlüssig miteinander verbinden, daß man das Äußere dieser Teile so weit erwärmt, daß aufgrund der damit verbundenen thermischen Ausdehnung dieses Teiles ein hinreichend großer Montagespalt zwischen beiden Teilen erhalten wird. Bei einem Abkühlen auf eine wesentlich tiefere Betriebstemperatur schrumpft dann das äußere Teil auf das innere Teil auf.

Eine entsprechende Verbindungstechnik durch Ausnutzung thermisch bedingter Formänderungen von Bauteilen wird auch bei der Klemmvorrichtung angewandt, die der eingangs genannten DE-B-26 53 544 zu entnehmen ist. Hierzu ist bei dieser bekannten Vorrichtung ein besonderes Heizelement vorgesehen, mit dem eine bei kalter Betriebstemperatur ausgebildete Klemmung durch Aufheizung eines der Teile auf eine höhere (Montage-) Temperatur wieder aufgehoben wird.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, die Verbindungseinrichtung der eingangs genannten Art dahingehend auszugestalten, daß mit ihr eine lösbare Verbindung erhalten wird, die eine verhältnismäßig leichte Montage bei einer Montagetemperatur ermöglicht und im Betriebszustand bei vergleichsweise wesentlich tieferer Betriebstemperatur nur einen geringen Wärmewiderstand verursacht.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst,

— daß ein auf die Betriebstemperatur zu bringendes äußeres Verbindungsteil aus einem Material mit einem verhältnismäßig großen Dehnungskoeffizienten vorgesehen ist, das mit einer Ausnehmung versehen ist, in welche bei der Montagetemperatur

ein Einsatz einzubringen ist,

— daß der Einsatz auf die Betriebstemperatur abkühlbar ist und einen Innenteil aus einem Material mit einem vergleichsweise geringeren Dehnungskoeffizienten sowie mindestens ein den Montagespalt auf einer Seite begrenzendes Zwischenelement aus einem thermisch gut leitenden Material enthält,

— daß das Zwischenelement im Bereich des Montagespaltes an dem Innenteil abstützend gestaltet ist und während der Abkühlphase von der Montagetemperatur auf die Betriebstemperatur durch Verformung einen thermischen Kontakt zu dem äußeren Verbindungsteil ausbildet, und

— daß das äußere Verbindungsteil zumindest im Bereich des thermischen Kontaktes mit der Heizvorrichtung versehen ist.

Bei dieser Ausgestaltung der Verbindungseinrichtung schrumpft das äußere Verbindungsteil bei Abkühlung von der Montagetemperatur auf die wesentlich tiefere Betriebstemperatur auf den Einsatz auf. Um dabei die Abkühlung und damit die Schrumpfung des äußeren Verbindungsteiles zu beschleunigen, ist ein Wärmekontakt zwischen dem kälteren Einsatz und dem wärmeren äußeren Verbindungsteil über das Zwischenelement aus thermisch gut leitendem Material vorgesehen. Dieser Wärmekontakt wird vorteilhaft erst bei der Abkühlungsphase aufgrund einer Verformung des Zwischenelementes ausgebildet; d. h., im Montagefall ist vorteilhaft ein geringer Montagespalt zwischen dem äußeren Verbindungsteil und dem Zwischenelement bzw. dem Innenteil vorhanden. Die Verformung des Zwischenelementes wird dabei durch das unterschiedliche Schrumpfungsmaß von Zwischenelement und Innenteil hervorgerufen. Im kälteren Betriebsfall ist das Zwischenelement zwischen dem Innenteil und dem aufgeschrumpften äußeren Verbindungsteil eingeklemmt, wobei ein guter Wärmekontakt zwischen diesen Teilen besteht. Um in diesem Zustand eine Lösung der Verbindung zwischen Einsatz und äußerem Verbindungsteil zu ermöglichen, ist das äußere Verbindungsteil vorteilhaft mit einer Heizvorrichtung versehen. Aufgrund des verhältnismäßig großen Dehnungskoeffizienten des Materials des äußeren Verbindungsteils dehnt sich dieses beim Aufheizen verhältnismäßig schnell aus, wobei der Schrumpfsitz auf dem Einsatz bzw. dessen Zwischenelement aufgehoben und somit eine Demontage beispielsweise des Einsatzes ermöglicht wird. Die Erwärmung läßt sich dabei vorteilhaft im wesentlichen auf das äußere Verbindungsteil begrenzen, so daß an diesem Verbindungsteil starr befestigte weitere Teile zumindest weitgehend auf der Betriebstemperatur verbleiben. Eine derartig ausgestaltete Verbindungseinrichtung läßt sich insbesondere in supraleitenden Magneten mit Refrigerator-gekühlten Wärmestrahlungsschilden einsetzen.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Verbindungseinrichtung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird nachfolgend auf die schematische Zeichnung Bezug genommen. Dabei zeigt deren Fig. 1 ein n Schnitt durch eine erfindungsgemäße Verbindungseinrichtung. Aus Fig. 2 ist ein Detail dieser Verbindungseinrichtung in vergrößerter Darstellung zu entnehmen. In den Figuren sind sich entsprechende Teile mit denselben Bezugszeichen versehen.

In Fig. 1 ist schematisch ein Ausführungsbeispiel ei-

ner erfindungsgemäßen, thermisch lösbaren Verbindungseinrichtung veranschaulicht. Diese allgemein mit 2 bezeichnete Einrichtung kann insbesondere zwischen einem auf eine Betriebstemperatur  $T_b$  zu kühlenden Objekt wie z. B. einem thermischen Strahlungsschild 3 und einem demontierbaren Refrigerator 4 angeordnet sein. Der z. B. für einen supraleitenden Magneten vorgesehene Strahlungsschild 3 ist in der Figur nur angedeutet und soll mittels des in der Figur nicht näher ausgeführten Refrigerators 4 auf eine Betriebstemperatur  $T_b$  von z. B. 78 K abgekühlt werden können. Er besteht im allgemeinen aus einem thermisch gut leitenden Material wie z. B. Cu oder Al. An ihm ist ein rohrförmiges äußeres Verbindungsteil 5 starr in thermisch gut leitendem Kontakt angebracht. Das Material dieses Verbindungsteils soll ebenfalls eine hohe thermische Leitfähigkeit haben und einen verhältnismäßig großen thermischen (Längen-)Dehnungskoeffizienten  $\alpha_1$  aufweisen.  $\alpha_1$  sollte größer  $15 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  bei Raumtemperatur sein. Ein entsprechendes Material ist z. B. Cu. Das rohrförmige Verbindungsteil 5 umgrenzt eine bezüglich einer Achse A zylinderförmige Öffnung bzw. kreisförmige Ausnehmung 7, in welcher im Betriebsfall ein Einsatz 8 angeordnet ist. Dieser Einsatz besteht im wesentlichen aus einem topfartigen Zwischenelement 9 und einem ringförmigen Innenteil 10. Für das topfartige Zwischenelement 9 mit bezüglich der Achse A konzentrischem rohrförmigem Seitenteil bzw. Abschnitt 9a und kreisscheibenförmigem Bodenteil 9b wird vorteilhaft ein thermisch gut leitendes Material wie z. B. Cu vorgesehen, so daß sein thermischer Dehnungskoeffizient ebenfalls  $\alpha_1$  sein kann. Es ist thermisch mit dem Refrigerator 4 verbunden. An der Innenwand des rohrförmigen Abschnittes 9a dieses Zwischenelementes liegt konzentrisch das ringförmige Innenteil 10 an. Dieses Teil soll vorteilhaft aus einem Material mit einem vergleichsweise wesentlich geringeren Dehnungskoeffizienten  $\alpha_2$  bestehen. Vorzugsweise wird ein Material mit einem extrem kleinen linearen Dehnungskoeffizienten, insbesondere mit  $\alpha_2$  unter  $3 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  bei Raumtemperatur, vorgesehen. Entsprechende Materialien sind beispielsweise spezielle Ni-Fe-Stähle wie Invar.

Wie ferner aus Fig. 1 hervorgeht, ist das rohrförmige äußere Verbindungsteil 5 auf seiner bezüglich des Zwischenelementes 9 abgewandten Außenseite mit einer Heizvorrichtung 12 und einem Thermofühler 13 versehen. Von einem elektrischen Versorgungsgerät 14 kann dann die Heizvorrichtung 12 solange mit Strom versorgt werden, bis an dem Thermofühler eine geeignete vorbestimmte Temperatur erreicht ist.

Darüber hinaus kann vorteilhaft der rohrförmige Abschnitt 9a des Zwischenelementes 9 in Längsrichtung parallel zur Achse A mehrfach geschlitzt sein. Außerdem können das rohrförmige äußere Verbindungsteil 5 sowie der rohrförmige Abschnitt 9a eine Montage erleichternde Anphasungen 15a bzw. 15b besitzen. Ferner kann man auch die einander zugewandten Oberflächen 16 und 17 des rohrförmigen äußeren Verbindungsteiles 5 und des rohrförmigen Abschnittes 9a des Zwischenelementes 9 jeweils mit einer speziellen Oberflächenschicht vergüten, um so einen besonders guten thermischen Kontakt zwischen den Oberflächen zu gewährleisten. Entsprechende Oberflächenschichten können insbesondere aus Au oder Ag bestehen.

Gemäß dem der Fig. 1 zugrunde gelegten Ausführungsbeispiel sei angenommen, daß der Einsatz 8 innerhalb der Ausnehmung 7 bei einer Montagetemperatur  $T_m$  die insbesondere die Raumtemperatur sein kann,

montiert ist. Zur Erleichterung der Montage sind der Innendurchmesser  $D_1$  des rohrförmigen äußeren Verbindungsteils 5 und der Außendurchmesser  $D_2$  des rohrförmigen Abschnittes 9a des Zwischenelementes 9 so aufeinander abgestimmt, daß bei der Montagetemperatur  $T_m$  zwischen diesen beiden rohrförmigen Teilen ein konzentrischer enger Ringspalt 19 verbleibt. Auf diese Weise können die Teile 5 und 8 leicht in Richtung der Achse A verschoben und auf diese Weise montiert bzw. demontiert werden. Wenn nun der Refrigerator 4 eingeschaltet wird und abkühlt, bleibt der ringförmige Innenteil 10 aufgrund seines geringen thermischen Dehnungskoeffizienten  $\alpha_2$  im wesentlichen unverformt. Demgegenüber schrumpft das topfartige Zwischenelement 9 aus dem Material mit dem erheblich größeren Dehnungskoeffizienten  $\alpha_1$  entsprechend stark. Dies führt zu einer Verformung oder einem Verbiegen des Zwischenelementes 9 derart, daß sich sein rohrförmiger Abschnitt 9a ähnlich dem Prinzip eines Bimetall-Elementes nach außen hin aufweitet und sich so an die innere Oberfläche 16 des äußeren rohrförmigen Verbindungsteiles 5 anlegt und dort einen Wärmekontakt bildet. Die erwähnte Schlitzung des rohrförmigen Abschnittes 9a erleichtert dabei die Aufweitung.

Diese Verformung des topfartigen Zwischenelementes 9 ist in dem in Fig. 2 wiedergegebenen Ausschnitt der erfindungsgemäßen Verbindungseinrichtung für einen Zeitpunkt während einer Abkühlungsphase übertrieben und schematisch veranschaulicht. Sein verbogener rohrförmiger Abschnitt 9a stellt dabei quasi eine Wärmebrücke zwischen dem von dem Refrigerator 4 auf die Betriebstemperatur  $T_b$  zu kühlenden oder gekühlten Bodenteil 9b und dem wärmeren rohrförmigen äußeren Verbindungsteil 5 dar. Über den so gebildeten Wärmekontakt wird nun das Verbindungsteil 5 abgekühlt und schrumpft dabei. Bei der tiefen Betriebstemperatur  $T_b$  werden schließlich das äußere Verbindungsteil 5 und der rohrförmige Abschnitt 9a durch die Wirkung des praktisch unverformt bleibenden ringförmigen Innenteiles 10 fest aufeinandergepreßt und bilden so einen guten thermischen Kontakt aus.

Dieser Kontakt kann bei der erfindungsgemäßen Verbindungseinrichtung vorteilhaft wieder aufgehoben werden, so daß sich eine Montage des Einsatzes 8 auch im kalten Zustand vornehmen läßt. Hierzu werden mit der Heizvorrichtung 12 der Kontaktbereich und seine unmittelbare Umgebung soweit erwärmt, daß zwischen dem äußeren Verbindungsteil 5 und dem rohrförmigen Abschnitt 9a wieder ein Spalt 19 entsteht. Dabei wird vorteilhaft sichergestellt, daß die Heizvorrichtung unmittelbar an dem Verbindungsteil 5 wirkt und der Kontaktbereich mit einer verhältnismäßig großen Heizleistung schnell aufgewärmt wird. In dieser kurzen Zeit gelangt dann nur verhältnismäßig wenig Wärme in die ferner liegenden kalten Teile des auf der tiefen Betriebstemperatur  $T_b$  zu haltenden Strahlungsschildes 3. Diese Strahlungsschildteile bleiben also im wesentlichen auf ihrer Betriebstemperatur.

Statt des in den Figuren dargestellten topfartigen Zwischenelementes 9 mit einem rohrförmigen Abschnitt 9a zur Ausbildung einer Wärmebrücke zwischen einem gekühlten Bauteil und einem zu kühlenden Bauteil sind ohne weiteres auch andere Ausführungsformen des Elementes anwendbar. Wesentlich ist dabei lediglich, daß dieses Element thermisch gut leitendes Material enthält, in den bei der Montagetemperatur  $T_m$  ausgebildeten Zwischenraum zwischen dem Innenteil 10 und dem äußeren Verbindungsteil 5 ragt, wobei der Monta-

gespalt 19 erhalten bleibt, und sich erst bei einer Abkühlung des Einsatzes 8 so verformt oder krümmt, daß die gewünschte Wärmebrücke zu dem wärmeren äußeren Verbindungsteil 5 ausgebildet wird.

Darüber hinaus wurde gemäß dem für die Figuren 5 gewählten Ausführungsbeispiel davon ausgegangen, daß mit der erfindungsgemäßen Verbindungseinrichtung in erster Linie ein thermischer Kontakt ausgebildet wird. Die erfindungsgemäßen Maßnahmen sind jedoch nicht auf diesen Anwendungsfall beschränkt. So sind sie 10 ebenso gut auch zur Herstellung eines lösbaren elektrischen Kontaktes oder einer lösbaren mechanischen Verbindung geeignet.

Außerdem wird für die erfindungsgemäße Verbindungseinrichtung nicht unbedingt ein Einsatzbereich 15 mit tiefer Betriebstemperatur vorausgesetzt. Vielmehr sind die erfindungsgemäßen Maßnahmen immer dann anwendbar, wenn zu einer Montage oder Demontage eine wesentlich höhere Temperatur als die Betriebstemperatur vorgesehen werden kann. 20

#### Patentansprüche

1. Einrichtung zur thermisch lösbaren Verbindung zweier aneinanderfügbarer Teile mit unterschiedlichem 25 Dehnungsverhalten, wobei zur Lösung der Verbindung insbesondere eine Heizvorrichtung vorgesehen ist und bei einer Montagetemperatur oberhalb einer Betriebstemperatur ein geringer Montagespalt zwischen den zu verbindenden Teilen 30 ausgebildet ist, dadurch gekennzeichnet,

– daß ein auf die Betriebstemperatur ( $T_b$ ) zu bringendes äußeres Verbindungsteil (5) aus einem Material mit einem verhältnismäßig großen Dehnungskoeffizienten ( $\alpha_1$ ) vorgesehen 35 ist, das mit einer Ausnehmung (7) versehen ist, in welche bei der Montagetemperatur ( $T_m$ ) ein Einsatz (8) einzubringen ist,

– daß der Einsatz (8) auf die Betriebstemperatur ( $T_b$ ) abkühlbar ist und einen Innenteil (10) 40 aus einem Material mit einem vergleichsweise geringeren Dehnungskoeffizienten ( $\alpha_2$ ) sowie mindestens ein den Montagespalt (19) auf einer Seite begrenzendes Zwischenelement (9, 9a) aus einem thermisch gut leitenden Material 45 enthält,

– daß das Zwischenelement (9, 9a, 9b) im Bereich des Montagespaltes (19) an dem Innenteil (10) abstützend gestaltet ist und während der Abkühlphase von der Montagetemperatur 50 ( $T_m$ ) auf die Betriebstemperatur ( $T_b$ ) durch Verformung einen thermischen Kontakt zu dem äußeren Verbindungsteil (5) ausbildet, und

– daß das äußere Verbindungsteil (5) zumindest im Bereich des thermischen Kontaktes mit der Heizvorrichtung (12) versehen ist.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Material des äußeren Verbindungsteiles (5) und/oder des Zwischenelementes (9, 9a, 9b) einen (linearen thermischen) Dehnungskoeffizienten ( $\alpha_1$ ) hat, der bei Raumtemperatur größer  $1,5 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$  ist. 60

3. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Innenteil (10) des Einsatzes (8) aus einem Material besteht, dessen (linearer thermischer) Dehnungskoeffizient ( $\alpha_2$ ) bei Raumtemperatur kleiner  $3 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  ist. 65

4. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Zwischenelement (9) topfartig mit einem Bodenteil (9b) und einem dazu zumindest annähernd senkrecht verlaufenden Seitenteil (Abschnitt 9a) ausgebildet ist, und daß der Innenteil (10) an der Innenseite des Seitenteiles (9a) angeordnet ist.

5. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Montagetemperatur ( $T_m$ ) der Innendurchmesser ( $D_1$ ) der Ausnehmung (7) größer als der Außendurchmesser ( $D_2$ ) des Einsatzes (8) ist, so daß der Montagespalt (19) ringförmig ausgebildet ist.

6. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Einsatz (8) thermisch mit einem Refrigerator (4) verbunden ist.

7. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das äußere Verbindungsteil (5) thermisch mit einem Wärmestrahlungsschild (3) verbunden ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

